

#4

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Attorney Docket No. 249/253



In re Patent Application of

Kwang-bok LEE, et al.

Serial No. 09/828,473

ATTN: Application Division

Filed: April 9, 2001

For: WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM WITH FEEDBACK AND METHOD THEREFOR

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:


The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

Korean Application No. 00-18313, filed April 7, 2000.

Respectfully submitted,

July 19, 2001
Date


Eugene M. Lee
Reg. No. 32,039

The Law Offices of Eugene M Lee, PLLC
2111 Wilson Boulevard Suite 1200
Arlington, D.C. 20001
Telephone: (703) 525-0978



한 민 국 특 허 청
KOREAN INDUSTRIAL
PROPERTY OFFICE

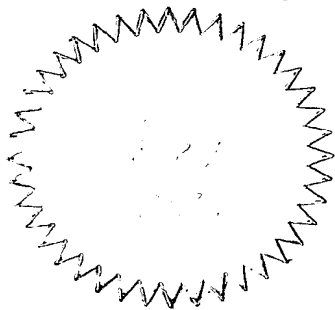
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출 원 번 호 : 특허출원 2000년 제 18313 호
Application Number

출 원 년 월 일 : 2000년 04월 07일
Date of Application

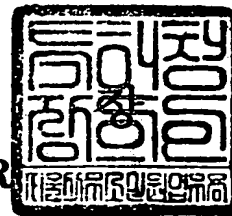
출 원 인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s)



2000 년 11 월 16 일

특 허 청

COMMISSIONER

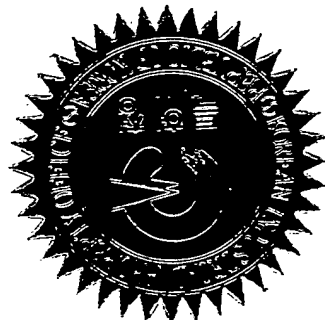


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

COMMISSIONER



특
허
청



2000
년
11
월
16
일

Applicant(s)

출원인 : 삼성전자 주식회사

Date of Application

출원일 : 2000년 04월 07일

Application Number

출원번호 : 특허출원 2000년 제 18313 호

Property Office.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial

특허청 사본은 아래 특허의 원본과 동일함을 증명함.



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0010
【제출일자】	2000.04.07
【국제특허분류】	H04B
【발명의 명칭】	되먹임을 기능을 갖는 무선 통신 시스템 및 그 방법
【발명의 영문명칭】	Wireless communication system with feedback and method thereof
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	1999-009556-9
【대리인】	
【성명】	조혁근
【대리인코드】	9-1998-000544-0
【포괄위임등록번호】	2000-002820-3
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2000-002816-9
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이광복
【성명의 영문표기】	LEE,Kwang Bok
【주민등록번호】	580326-1002511
【우편번호】	135-240
【주소】	서울특별시 강남구 개포동 177 현대3차아파트 5동 702호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	황근철
【성명의 영문표기】	HWANG,Keun Chul

【주민등록번호】 730306-1655217
【우편번호】 500-080
【주소】 광주광역시 북구 우산동 169-12
【국적】 KR
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대
리인 이영
필 (인) 대리인
조혁근 (인) 대리인
이해영 (인)
【수수료】
【기본출원료】 20 면 29,000 원
【가산출원료】 8 면 8,000 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 0 항 0 원
【합계】 37,000 원
【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 되먹임 기능을 갖는 무선 통신 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 되먹임 기능을 갖는 무선 통신 시스템은 복수의 송수신 안테나를 구비하고, 송수신 안테나들을 통해 신호를 송수신하는 무선 통신 시스템에 있어서, 소정 되먹임 신호로부터 되먹임 정보를 복원하고, 복원된 되먹임 정보를 정보신호에 가중하며, 가중된 정보신호를 무선 주파수 신호로 변환하여 전송하는 송신장치; 및 무선 주파수 신호를 수신하여 무선 주파수 신호가 겪은 채널을 추정하며, 추정된 채널로부터 되먹임 정보를 추출하여 근사하며, 근사된 되먹임 정보를 무선 주파수 신호로 변환하여 송신장치로 전송하는 수신장치를 포함한다.

본 발명에 따르면, 되먹임을 이용하는 다중 송수신 안테나를 갖는 통신 시스템에서 되먹임 정보량을 줄임으로써 되먹임에 필요한 채널을 보다 효율적으로 사용할 수 있으며, 되먹임에 필요한 지연효과에 보다 효과적으로 대처할 수 있다.

【대표도】

도 1

【명세서】**【발명의 명칭】**

되먹임을 기능을 갖는 무선 통신 시스템 및 그 방법{Wireless communication system with feedback and method thereof}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따른 되먹임 기능을 갖는 무선통신 시스템에 대한 블록도이다.

도 2a 내지 도 2d는 투영에 의한 하위차원으로의 근사의 예를 도시한 것이다.

도 3(a) 내지 도 3(f)는 되먹임 정보를 근사화하는데 필요한 기저벡터 집합의 예를 나타낸다.

도 4는 복소수 계수에 대한 양자화 예를 나타낸다.

도 5a는 투영에 의한 되먹임 정보의 근사 방법을 도시한 것이다.

도 5b는 검색에 의한 되먹임 정보의 근사 방법을 도시한 것이다.

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <7> 본 발명은 되먹임(feedback) 기능을 갖는 무선 통신 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 특히 다차원의 되먹임 정보를 하위차원으로 근사하여 되먹이는 무선통신 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.
- <8> 무선 채널 환경은 유선 채널과 달리 다중경로 간섭, 섀도잉(shadowing), 전파감쇠, 시변잡음, 다중사용자 간섭 등에 의해 낮은 신뢰도를 나타낸다. 이중에서 다중경로에 의

한 페이딩 효과는 반사체나 사용자의 움직임에 관계되며, 원하는 신호와 간섭신호가 서로 섞여서 수신되고, 이로 인해 수신신호가 심한 왜곡을 겪는 현상으로 전체 시스템 성능을 크게 열화시키게 된다. 이러한 다중경로 신호에 의한 페이딩 효과는 무선 환경에서 고속 데이터 통신의 가장 큰 난제이며, 이러한 페이딩 효과에 대처하기 위해 많은 연구가 수행되었다. 그 중에서 효과적인 방법이 다이버시티(diversity)로, 이는 독립적인 페이딩 현상을 겪은 여러 개의 신호를 수신하여 이를 결합함으로써 페이딩 현상에 대처하게 된다. 이러한 다이버시티 기법은 무선 채널 환경에서 상당히 우수한 성능을 내는 것으로 알려져있으며, 다양한 다이버시티 획득방법이 제안되었고 현재 상용화되어있다. 이러한 다이버시티 획득 방법은 크게 시간, 주파수, 공간(안테나)에 의한 것들이 있다.

<9> 다중의 안테나를 사용한 공간 다이버시티의 경우, 기지국에 다중 수신 안테나를 채택하여 역방향 링크의 성능을 향상시키는 시스템이 현재 상용화되어있다. 단말기의 경우, 마찬가지로 다중 수신 안테나를 이용하여 순방향 링크의 성능을 향상시킬 수 있다. 하지만, 단말기는 적은 전력소모, 소형화, 경량화, 복잡도 등의 제약을 지니며, 따라서, 단말기에서 여러 개의 안테나를 사용한 다이버시티 획득 방법은 기술적으로 많은 제약을 가지고 있다. 이에 대한 대안으로, 기지국에서 다중 송신 안테나를 채택하여 순방향 링크의 성능을 향상시키고자하는 송신 다이버시티 기법이 제안되었다. 이러한 다중 송신 안테나에 의한 송신 다이버시티 방법은 다이버시티 획득에 의한 성능 향상 이외에, 한 기지국이 여러 개의 단말기를 서비스하기 때문에 단말기에 다중 수신 안테나를 채택하는 방식보다는 경제적으로도 적합한 방법으로 여겨지고 있다.

<10> 다중의 송신 안테나를 이용한 다이버시티 획득방식은 크게 알라모우티(S. M. Alamouti, 'A simple transmitter diversity scheme for wireless communication', IEEE

J. Select. Areas Commun., vol 16, pp. 1451-1458, Oct. 1998)가 제안한 채널 상태의 정보없이 시공간 부호화에 의한 방식과 채널 상태정보를 수신기에서 되먹임을 받아 이용하는 되먹임 방식(3GPP, 'Physical layer procedures(FDD)', Tech. Spec., Doc. #: 3G TS 25.214 version 3.0.0, Oct, 1999, <http://www.3gpp.org>에도 개시됨)으로 나눌 수 있다. 되먹임 방식인 경우, 차세대 시스템용으로 제안되고있는 방식은 수신기에서 채널 상태에 대한 정보를 구하고, 이 정보로부터 송신 안테나간의 최적 안테나 가중치 정보를 계산하여 이 값을 되먹임하는 방식으로 되어 있다. 이러한 되먹임 방식은 채널상태에 따른 최적의 안테나 가중치 적용에 의해 시공간 부호화에 의한 방식보다 우수한 성능을 내는 것으로 알려져있으며, 또한 송신 안테나 수를 증가시키면 안테나 수에 비례하는 성능증가를 가져오는 것으로 알려져있다. 그런데, 이러한 되먹임 방식은 송신 안테나 수가 증가하게되면, 되먹임에 필요한 정보가 송신 안테나 수에 비례하여 증가하기 때문에 다중의 송신 안테나를 사용하는 경우에 되먹임에 필요한 채널 용량을 늘려야하는 단점이 있다. 또한 송신 안테나 수의 증가에 따른 되먹임 정보의 증가는 되먹임에 필요한 시간, 즉, 지연시간의 증가를 가져오게 된다. 이러한 경우, 최적 안테나 가중치 정보를 되먹임시키는 동안 채널 상태가 바뀌게 되면, 심각한 성능 저하를 가져올 수 있게 된다. 따라서 되먹임 방식에 의한 다중 송신 안테나 다이버시티 획득 방식의 가장 큰 문제는 되먹임 정보량과 관계된다. 일반적으로, 되먹임 정보를 전송하는데 사용되는 채널 용량은 제한적이며, 또한 되먹임 정보량이 증가하게되면 그만큼 지연(delay)이 발생하게 된다. 따라서 많은 수의 송신 안테나를 채택한 경우, 되먹임 방식은 되먹임 정보량에 의해 제한을 받게된다. 따라서, 되먹임 정보량을 줄이는 것이 필요하다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <11> 본 발명이 이루고자하는 기술적 과제는 다차원의 되먹임 정보를 하위차원으로 근사하여 되먹임은 무선통신 시스템 및 그 방법을 제공하는데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <12> 상기 기술적 과제를 이루기위한, 본 발명은 복수의 송수신 안테나를 구비하고, 상기 송수신 안테나들을 통해 신호를 송수신하는 무선 통신 시스템에 있어서, 소정 되먹임 신호로부터 되먹임 정보를 복원하고, 복원된 되먹임 정보를 정보신호에 가중하며, 가중된 정보신호를 무선 주파수 신호로 변환하여 전송하는 송신장치; 및 상기 무선 주파수 신호를 수신하여 상기 무선 주파수 신호가 겪은 채널을 추정하며, 추정된 채널로부터 되먹임 정보를 추출하여 근사하며, 근사된 되먹임 정보를 무선 주파수 신호로 변환하여 상기 송신장치로 전송하는 수신장치를 포함한다.
- <13> 상기 기술적 과제를 이루기위한, 본 발명은 송신장치로부터 송신되는 M개의 무선 주파수 신호가 다중경로를 통해 수신될 때, 수신된 신호로부터 되먹임 정보를 추출하고, 상기 되먹임 정보를 상기 경로를 통해 상기 송신장치로 전송하는 무선통신 방법에 있어서, 상기 수신된 신호로부터 상기 다중경로로 이루어진 채널을 추정하는 단계; 상기 송신장치로 되먹임되어 상기 M개의 무선 주파수 신호에 가중될 되먹임 정보를 추정된 채널로부터 구하는 단계; 상기 되먹임 정보를 M보다 하위차원으로 근사하고, 근사된 차원에 대한 계수를 양자화하는 단계; 및 상기 근사된 차원의 기저벡터와 양자화된 계수를 상기 송신장치로 되먹임하는 단계를 포함한다.
- <14> 상기 기술적 과제를 이루기위한, 본 발명은 송신장치로부터 송신되는 M개의 무선

주파수 신호가 다중경로를 통해 수신될 때, 수신된 신호로부터 되먹임 정보를 추출하고, 상기 되먹임 정보를 상기 경로를 통해 상기 송신장치로 전송하는 무선통신 방법에 있어서, (a) 상기 수신된 신호로부터 상기 다중경로로 이루어진 채널을 추정하는 단계; (b) M차원을 표현할 수 있는 기저벡터를 결정하는 단계; (c) 구해진 기저벡터중 S개를 선택하는 단계; (d) 각 기저벡터에 대해 N개의 양자화 계수중 하나씩 선택하는 단계; (e) 선택된 기저벡터 및 선택된 양자화 계수로부터 되먹임 정보 W_i 를 구하는 단계; 및 (f) 상기 W_i 및 추정된 채널 H로부터 생성되는 소정 비용함수가 최대이면, 상기 W_i 를 상기 송신장치로 전송하는 단계를 포함한다.

<15> 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 보다 상세히 설명하기로 한다. 도 1은 본 발명에 따른 되먹임 기능을 갖는 무선통신 시스템에 대한 블록도이다. 도 1에 따른 무선통신 시스템은 송신장치(100) 및 수신장치(150)를 포함한다. 송신장치(100)는 기저대역 처리부(104), 가중부(106), RF(Radio Frequency) 처리부(108) 및 되먹임 정보 복원부(110)를 구비한다. 또한, 송신장치(100)는 신호 송/수신을 위한 다중 송/수신 안테나(120, 180)를 구비한다.

<16> 도시된 수신장치(150)는 RF 및 기저대역 처리부(152), 복원부(154), 되먹임 정보 근사부(156) 및 되먹임부(158)를 구비한다. 또한, 수신장치(150)는 신호전송을 위한 다중 송/수신 안테나(140, 160)를 구비한다.

<17> 송신장치(100)의 기저대역 처리부(104)는 정보신호에 대해 부호화(coding) 및 변조 등과 같은 기저대역 처리를 수행한다. 가중부(106)는 기저대역 처리부(104)의 출력신호에 수신장치(150)로부터 전송되어 복원된 가중치를 곱한다. RF 처리부(108)는 가중된 신호를 무선대역 신호로 변환하여 다중 송신 안테나(120)를 통해 전송한다. 되먹임 정보

복원부(110)는 다중 수신 안테나(180)를 통해 수신한 되먹임 신호로부터 되먹임 정보를 복원하고, 복원된 신호를 가중부(106)로 출력한다.

<18> 수신장치(150)의 RF 및 기저대역 처리부(152)는 다중 수신 안테나(140)를 통해 수신한 신호를 처리하여 기저대역 신호를 추출하고, 기저대역 신호로부터 채널을 추정한다. 복원부(154)는 기저대역 신호를 복호화하여 송신 신호를 복원한다. 되먹임 정보 근사부(156)는 추정된 채널로부터 가중치를 구하고, 구해진 가중치를 하위차원으로 근사한다. 되먹임부(158)는 하위차원으로 근사된 되먹임 정보를 기저대역 처리 및 RF처리하여 다중 송신 안테나(160)를 통해 전송한다.

<19> 상기 되먹임 정보 근사부(156)에서 되먹임 정보를 근사하는 방법 또는 되먹임 정보 복원부(110)에서 수신된 되먹임 정보를 복원하는 방법은 다음과 같다.

<20> 되먹임 정보 근사값은 기저대역 신호에 곱해지는 최적(optimum)의 가중치를 하위차원으로 근사함으로써 얻어질 수 있다. 예를 들어 M개의 안테나로 구성된 다중 송신 안테나(120) 및 채널을 통해 L개의 다중경로가 발생한다고 가정하고, 다중 수신 안테나(140)는 1개의 안테나를 구비한다고 가정한다. 송수신장치(100, 150)에서 이러한 L개의 다중 경로 신호를 분리할 수 있다고 한다면 채널 H는 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

<21> 【수학식 1】

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & \cdots & h_{M1} \\ \cdots & h_{ml} & \cdots \\ h_{1L} & \cdots & h_{ML} \end{bmatrix}$$

<22> 여기서, h_{ml} 은 m번째 송신 안테나로부터의 채널중 l번째 다중 경로 신호를 나타낸다.

<23> 이러한 채널상태

H는 RF 및 기저대역 처리부(152)에서 추정된다. 이 때, 채널추정 방법은 종래의 어떠한 채널 추정 방법도 채택될 수 있다. 되먹임 정보 근사부(156)는 추정된 채널에 대해 송신 안테나에 곱해질 가중치를 구한다. 송신장치(100)의 가중부(106)는 수신장치(150)의 되먹임부(158)에 의해 되먹임된 가중치를 정보신호에 가중함으로써, 결국 정보신호를 전송하기 전에 정보신호에 미리 채널 상태를 반영하게되어 다중경로에 의한 페이딩 영향을 줄일 수 있다.

<24> 추정된 채널에 대한 최적의 송신 안테나 가중치는 다음 식과 같은 비용함수(cost function)를 최대화시키는 벡터 \mathbf{W} 로 주어진다.

<25> 【수학식 2】

$$P = \mathbf{W}^T \mathbf{H}^H \mathbf{H} \mathbf{W}$$

<26> 여기서 H는 Hermitian 연산자이고, T는 전치(transpose)를 나타내며, W는 송신 안테나의 가중치를 나타내는 벡터로서, 다음 식과 같다.

<27> 【수학식 3】

$$\mathbf{W} = [\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \dots, \mathbf{W}_M]^T$$

<28> 여기서, \mathbf{W}_m 은 m번째 송신 안테나의 가중치를 나타낸다.

<29> 최적의 송신 안테나 가중치 \mathbf{W}_{opt} 는 수학식 2의 P를 최대화하는 W로 구할 수 있다.

\mathbf{W}_{opt} 는 $\mathbf{H}^H \mathbf{H}$ 의 최대 고유수(eigenvalue)에 해당하는 고유벡터(eigenvector)로 주어진다.

<30> M개의 송신 안테나와 M개의 수신 안테나로 구성된 경우는 상술한 경우를 확장하여 얻을 수 있다. 따라서, 임의의 수신 안테나 개수에 대해 \mathbf{W}_{opt} 는 송신 안테나의 수 M에

해당하는 원소 개수를 가지며, 본 발명은 이러한 M차원을 갖는 최적의 송신 안테나 가중치 W_{opt} 를 하위차원 정보로 근사화한 후 되먹인다.

<31> 최적의 W_{opt} 는 송신 안테나의 수와 같은 M차원 벡터이며, 일반적으로 각 원소들은 복소수를 갖는다고 할 수 있다. 따라서, W 를 계수가 복소수인 M차원 공간(space)의 한 점으로 생각할 수 있으며, 이를 근사하는 데는 M차원을 표현할 수 있는 기저벡터(base vector)와 각 기저벡터에 해당하는 복소수 계수들이 필요하다.

<32> 예를 들어, 3차원 W_{opt} 를 기저벡터와 그 계수로 표현하는 방법은, W_{opt} 가 $W_{opt} = [a, b, c]^T$ 로 표현되는 경우 기저벡터는 각각 $B_1 = [1 \ 0 \ 0]^T$, $B_2 = [0 \ 1 \ 0]^T$, $B_3 = [0 \ 0 \ 1]^T$ 으로 표현되고, 이데 따라 W_{opt} 는 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

<33> 【수학식 4】

$$W_{opt} = a \cdot B_1 + b \cdot B_2 + c \cdot B_3$$

<34> W_{opt} 를 하위차원으로 근사하는 방법은 다음과 같다.

<35> 도 2a 내지 도 2d는 투영에 의한 하위차원으로의 근사의 예를 도시한 것이다. 근사화되기 이전의 되먹임 정보를 $W_{opt}(200)$ 라 하면, $W_{opt}(200)$ 를 3차원 정보로 표현하기 위해서는 최소한 3개의 기저벡터가 필요하다. 이 기저벡터를 $B_1(202)$, $B_2(204)$, $B_3(206)$ 라 하며, 각각은 크기가 1이고, 서로 직교한다고 가정한다. 각 기저벡터들이 직교한다면, 각 기저벡터의 성분값은 W_{opt} 와 각 기저벡터와의 내적에 의해 구할 수 있다. 이 값을 c_1 , c_2 , c_3 라고 하면, W_{opt} 는 다음 식과 같이 구할 수 있다.

<36> 【수학식 5】

$$W_{opt} = c_1 B_1 + c_2 B_2 + c_3 B_3$$

- <37> 여기서, 크기가 각각 $|c_1| > |c_2| > |c_3|$ 라고 하면, W_{opt} 는 B_1 성분을 가장 많이 포함하게 된다.
- <38> 도 2a는 W_{opt} 를 각 기저벡터에 투영하였을 때의 관계를 도시한 것이고, 도 2b는 W_{opt} 를 1차원 정보로 근사한 경우를 도시한 것이다. 이 경우, 3가지의 근사가 가능하며, 각각 $c_1B_1(212), c_2B_2(214), c_3B_3(216)$ 로 표현가능하다. 그런데, 상술한 바와 같이 $|c_1| > |c_2| > |c_3|$ 이면, W_{opt} 의 1차원 최적 근사는 $c_1B_1(212)$ 로 표현할 수 있다. 도 2c는 2차원 근사의 경우를 도시한 것이다. 도시된 경우는 $c_1B_1+c_2B_2(220), c_2B_2+c_3B_3(222), c_1B_1+c_3B_3(224)$ 를 나타내며, W_{opt} 의 2차원 최적 근사는 $c_1B_1+c_2B_2(220)$ 로 나타낼 수 있다. 도 2d는 3차원 근사(230)를 나타내며, 이 경우는 $c_1B_1+c_2B_2+c_3B_3$ 의 1가지만 존재하고 이 때의 근사값은 최적값과 동일하다.
- <39> 되먹임 정보의 근사화에 필요한 기저벡터 집합은 W_{opt} 의 차원을 표현할 수 있으면 된다. 따라서 되먹임 정보 근사화에는 다양한 기저벡터의 집합을 이용할 수 있다. 여기서 기저벡터들은 직교하지않아도 무방하며, 직교하는 경우에는 정보의 중첩을 피할 수 있는 장점이 있다.
- <40> 도 3(a) 내지 도 3(f)는 되먹임 정보를 근사화하는데 필요한 기저벡터 집합의 예를 나타낸다. 도 3(a), 도 3(c), 도 3(e)는 각각 2차원, 3차원, 4차원의 직교 기저벡터를 나타낸 것으로, 각 기저벡터의 성분은 각 안테나를 사용하는 것과 사용하지 않는 것을 나타낸다. 예를 들어, 2차원 기저벡터 $[1 \ 0]$ 이 선택되었다면, 이는 두 안테나중 첫번째 안테나를 사용하여 신호를 전송하는 것을 나타낸다. $[0 \ 1]$ 이 선택되었다면, 두번째 안테나를 사용하여 신호를 전송하는 것을 나타낸다.
- <41> 도 3(b), 도 3(d), 도 3(f)는 각각 2차원, 3차원, 4차원의 직교 기저벡터의 다른

예로서, 각 안테나간의 파워 차이를 최소로 하면서 직교성을 유지하는 기저벡터의 한 예를 나타낸다.

<42> 되먹임 정보를 근사화하는 데는 기저벡터 이외에 각 기저벡터에 대한 해당 계수가 필요하다. 본 발명에서 계수는 실수 또는 복소수로 표현되며, 계수를 되먹임시키기 위해 양자화 과정을 거친다. 도 4는 복소수 계수에 대한 양자화 예를 나타낸다. 도 4(a)는 계수의 실수 성분의 부호에 따라 2수준으로 양자화한 경우로, 계수의 실수 성분이 양수인 경우는 계수를 대표값 e^{j0} 로 양자화하고, 음수의 경우는 대표값 $e^{j\pi}$ 로 양자화한다. 도 4(b)의 경우는 2수준 양자화의 다른 예로, 계수의 허수성분의 부호에 따라 양자화한 경우를 나타낸다.

<43> 도 5a 및 도 5b는 상술한 과정에 따라 되먹임 정보를 근사하는 알고리즘에 대한 흐름도이다. 도 5a는 투영에 의한 방법을 도시한 것이고, 도 5b는 검색에 의한 방법을 도시한 것이다.

<44> 본 실시예에서는 송신 안테나 수가 M 이고, S 차원으로의 근사를 가정한다. 또한, 계수의 양자화 수준은 N 이라고 가정한다.

<45> 도 5a에 따르면, 투영에 의해 되먹임 정보를 근사하는 방법은 먼저, 최적의 송신 안테나 가중치 W_{opt} 를 구한다(502단계). 구해진 W_{opt} 를 각 기저벡터에 투영, 즉, W_{opt} 와 각 기저벡터들을 내적하여 계수를 구한다(504단계). 계수를 크기순으로 S 개 선택한 후, 선택된 계수에 해당하는 기저벡터를 선택한다(506단계). 선택된 계수를 양자화한다(508단계). 선택된 기저벡터와 양자화된 계수를 이용하여 가중치를 근사한다(510단계).

<46> 도 5b에 따르면, 검색에 의해 되먹임 정보를 근사하는 방법은 먼저, M 개의 기저벡

터중 S 개의 기저벡터를 선택한다(520단계). 선택된 S 개의 기저벡터 각각에 대해 N 개의 양자화된 계수중 하나를 선택한다(522단계). 선택된 기저벡터 및 선택된 계수로부터 가중치 W_i 를 구하고, 수학식 1의 H 를 이용하여 상기 수학식 2의 $P_i = W_i^H H H W_i$ 를 계산한다(524단계). 여기서, H 는 RF 및 기저대역 처리부(152)에서 추정된 채널을 나타낸다. P_i 가 최대인가를 판별하여 P_i 가 최대이면 W_i 를 선택한다(534단계). P_i 가 최대가 아니면, 다른 기저벡터를 선택하고(528단계), 다른 양자화 계수를 선택하여(530단계) W_i 를 생성한다(532단계). 생성된 W_i 에 대해 상술한 단계들을 반복하여 총 N^S 의 경우에 대해 상기 528 단계를 반복하고, 총 MCS 의 경우에 대해 530단계를 반복한다.

<47> 이러한 되먹임 정보를 근사하는 방법에 따라 도 1의 되먹임 정보 근사부(156)에서 출력되는 양자화 계수는 양자화 계수들을 가리키는 인덱스가 될 수 있다. 즉, 양자화된 계수들의 인덱스를 송신장치(100)로 전송하면, 송신장치(100)의 되먹임 정보 복원부(110)는 인덱스에 대응하는 양자화 계수를 추출하게 된다.

<48> 다음의 표는 양자화 수준이 2인 경우를 가정하였을 때의 인덱스 표현과정과 인덱스를 디지털로 표현한 경우를 예를 나타낸다.

<49> 【표 1】

양자화 계수	인덱스	디지털 표현
e^{j0}	1	00
$e^{j\pi/2}$	2	01
$e^{j\pi}$	3	11
$e^{j3\pi/2}$	4	10

<50> 마찬가지로, 기저벡터에 대한 정보도 선택된 기저벡터의 인덱스로 표현할 수 있다.

다음의 표는 선택된 기저벡터를 인덱스로 표현한 과정을 나타낸다. 송신장치(100)의 송

신 안테나(120)의 수가 4인 경우를 가정하고, 1차원으로 근사하는 경우를 가정한 경우이다. 기저벡터는 각각 $[1000]^T$, $[0100]^T$, $[0010]^T$, $[0001]^T$ 를 채택하였다.

<51> 【표 2】

선택된 기저벡터	인덱스	디지털 표현
$[1000]^T$	1	00
$[0100]^T$	2	01
$[0010]^T$	3	11
$[0001]^T$	4	10

<52> 또한, 상술한 바와 같은 환경에서 2차원으로의 근사를 가정한다면, 이 때 기저벡터를 선택할 수 있는 경우의 수는 총 6가지가 되고 이 정보를 나타내기 위해서는 3비트의 데이터가 필요하다. 다음의 표는 이 경우에 대한 예를 나타낸다.

<53> 【표 3】

선택된 기저벡터	인덱스	디지털 표현
$[1000]^T$, $[0100]^T$	1	000
$[1000]^T$, $[0010]^T$	2	010
$[1000]^T$, $[0001]^T$	3	110
$[0100]^T$, $[0010]^T$	4	111
$[0100]^T$, $[0001]^T$	5	011
$[0010]^T$, $[0001]^T$	6	001

<54> 이러한 되먹임 정보의 근사화 방법을 사용하였을 경우, 되먹임 정보량을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 각 차원의 복소수 계수를 나타내는데 4비트가 필요하다고 가정하면, 근사화하지않은 되먹임 정보를 전송하는 경우 한 차원의 계수는 되먹임이 필요하지않으므로 총 12비트의 되먹임 정보량이 필요하게 된다. 여기서, 한 차원의 계수는 되먹임이 필요없는데, 그 이유는 송신 안테나의 전체 송신전력은 고정되어있어서 한 차원에 대한 계수의 크기정보는 보내지않아도되며, 각 안테나의 위상정보는 한 안테나에 대한 상

대적인 위상정보에 의해 표현될 수 있기 때문이다.

<55> 근사화에 의한 되먹임 방법은 근사에 사용되는 기저벡터의 종류를 나타내는데 필요한 비트수와 계수를 나타내는데 필요한 비트수로 나눌 수 있다. 첫째, 1차원 근사를 사용하는 경우, 4개의 기저벡터중에서 1개의 선택하는 경우의 수를 나타내는데 필요한 비트수는 2비트가 필요하며, 이 경우 계수는 1로 고정되었다고 생각할 수 있기때문에 계수를 나타내는 되먹임 정보가 필요하지않게된다. 따라서, 총 2비트의 정보가 필요하게 된다. 둘째, 2차원 근사를 사용한 경우, 기저벡터의 선택의 경우의 수는 6가지이고, 6가지를 구분하는 비트수는 3비트이다. 양자화 계수의 경우, 한 차원의 계수는 필요치않으므로 나머지 한 차원의 계수를 표현하는데 4비트가 필요하게되므로 총 7비트의 정보가 필요하다. 셋째, 3차원 근사를 사용하는 경우, 기저벡터 선택의 경우의 수는 4가지이므로 이를 나타내는데 2비트의 정보가 필요하고, 양자화 계수는 8비트의 정보가 필요하므로 총 10비트의 정보가 필요하다. 넷째, 4차원으로 근사하는 경우에는 총 12비트가 필요하게 된다. 따라서, 근사화 방법을 적용하는 경우, 근사화 차원이 낮아질수록 되먹임에 필요한 정보는 감소함을 알 수 있으며, 모든 경우 근사화하지않는 경우보다 작거나 같은 수의 되먹임 정보량을 갖는다는 것을 알 수 있다. 다음의 표는 근사화 방법과 근사화하지않는 방법을 비교하여 나타낸 것이다.

<56> 【표 4】

근사차원	근사화 방법	근사화하지않는 경우
1	2비트	12비트
2	7비트	
3	10비트	
4	12비트	

<57> 표에 따르면, 보다 하위차원으로의 근사는 근사화하지않는 경우보다 보다 많이 정보량을 감소시킬 수 있다.

【발명의 효과】

<58> 본 발명에 따르면, 되먹임을 이용하는 다중 송수신 안테나를 갖는 통신 시스템에서 되먹임 정보량을 줄임으로써 되먹임에 필요한 채널을 보다 효율적으로 사용할 수 있으며, 되먹임에 필요한 지연효과에 보다 효과적으로 대처할 수 있다. 또한 되먹임 정보량을 최적의 형태로 줄임으로써 근사화에 의한 성능저하를 최소화할 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

복수의 송수신 안테나를 구비하고, 상기 송수신 안테나들을 통해 신호를 송수신하는 무선 통신 시스템에 있어서,

소정 되먹임 신호로부터 되먹임 정보를 복원하고, 복원된 되먹임 정보를 정보신호에 가중하며, 가중된 정보신호를 무선 주파수 신호로 변환하여 전송하는 송신장치; 및

상기 무선 주파수 신호를 수신하여 상기 무선 주파수 신호가 겪은 채널을 추정하며, 추정된 채널로부터 되먹임 정보를 추출하여 근사하며, 근사된 되먹임 정보를 무선 주파수 신호로 변환하여 상기 송신장치로 전송하는 수신장치를 포함하는 무선통신 시스템.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 수신장치는

상기 무선 주파수 신호로부터 기저대역 신호를 추출하고, 상기 채널을 추정하는 기저대역 처리부;

추정된 채널에 의해 구해지는 소정 비용함수를 최대화하는 되먹임 정보를 구하고, 상기 되먹임 정보를 하위차원으로 근사하는 되먹임 정보 근사부; 및

하위차원으로 근사된 되먹임정보를 상기 송신장치로 되먹임하는 되먹임부를 구비하는 무선통신 시스템.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 되먹임 정보 근사부는

상기 추정된 채널을 행렬 H 라 하고, 상기 되먹임 정보를 벡터 W 라 하면, 상기 비용 함수 P 가 다음 식

$$P = W^T H^H H W$$

여기서 H 는 Hermitian 연산자, T 는 전치

로 표현될 때, 상기 비용함수를 최대화하는 W_{opt} 를 구하는 무선통신 시스템.

【청구항 4】

제3항에 있어서, 상기 되먹임 정보 근사부는

상기 송신장치에서 전송되는 M 개의 무선 주파수 신호에 곱해지는 상기 W_{opt} 를, 소정 형태의 기저벡터를 기반으로하는 하위차원으로 근사하고 근사된 차원에 대한 계수를 결정하는 무선통신 시스템.

【청구항 5】

제2항 내지 제5항중 어느 한 항에 있어서, 상기 송신장치는

상기 하위차원으로 근사된 되먹임 정보로부터 원래의 되먹임 정보를 복원하는 되먹임 정보 복원부;

정보신호를 변조 및 부호화하는 기저대역 처리부;

상기 기저대역 처리부의 출력신호에 복원된 되먹임 정보를 곱하는 가중부; 및

상기 가중부의 출력신호를 무선 주파수 신호로 변환하여 출력하는 무선 주파수 처리부를 구비하는 무선통신 시스템.

【청구항 6】

송신장치로부터 송신되는 M개의 무선 주파수 신호가 다중경로를 통해 수신될 때,
수신된 신호로부터 되먹임 정보를 추출하고, 상기 되먹임 정보를 상기 경로를 통해 상기
송신장치로 전송하는 무선통신 방법에 있어서,

상기 수신된 신호로부터 상기 다중경로로 이루어진 채널을 추정하는 단계;

상기 송신장치로 되먹임되어 상기 M개의 무선 주파수 신호에 가중될 되먹임 정보를
추정된 채널로부터 구하는 단계;

상기 되먹임 정보를 M보다 하위차원으로 근사하고, 근사된 차원에 대한 계수를 양
자화하는 단계; 및

상기 근사된 차원의 기저벡터와 양자화된 계수를 상기 송신장치로 되먹임하는 단계
를 포함하는 무선통신 방법.

【청구항 7】

제6항에 있어서, 상기 되먹임 정보를 구하는 단계는

상기 경로의 수가 L인 경우, 상기 채널을 크기가 $M \times L$ 인 행렬 H 로 나타내고, 상기
되먹임 정보를 크기가 M 인 벡터 W 로 나타낼 때, 다음 식

$$P = W^T H^H H W$$

여기서 H 는 Hermitian 연산자, T 는 전치

으로 표현되는 비용함수를 최소화하는 W_{opt} 를 구하는 무선통신 방법.

【청구항 8】

제7항에 있어서, 상기 계수를 양자화하는 단계는

상기 M차원을 표현할 수 있는 기저벡터를 결정하는 단계;

상기 W_{opt} 와 각 기저벡터들을 내적하여 상기 기저벡터에 해당하는 계수를 구하는 단계;

상기 계수들중 크기순으로 소정 개를 선택하고, 선택된 계수에 해당하는 기저벡터들을 선택하는 단계; 및

선택된 계수들을 양자화하는 단계를 구비하는 무선통신 방법.

【청구항 9】

제6항 내지 제8항중 어느 한 항에 있어서, 상기 되먹임하는 단계는

상기 근사된 차원의 기저벡터 및 상기 양자화 계수를 각각 인덱싱하는 단계;

상기 근사된 차원의 기저벡터에 대한 인덱스 및 상기 양자화 계수에 대한 인덱스를 각각 전송하는 단계를 구비하는 무선통신 방법.

【청구항 10】

제9항에 있어서,

상기 송신장치에서 선택가능한 근사된 차원의 기저벡터와 양자화 계수 그리고 이들을 각각 가리키는 인덱스들을 저장하는 단계;

수신된 인덱스들에 각각 대응하는 기저벡터와 양자화 계수를 추출하는 단계;

추출된 기저벡터와 양자화 계수로부터 되먹임 정보를 복원하는 단계;

복원된 되먹임 정보를 전송하고자하는 정보신호에 가중하는 단계; 및
가중된 정보신호를 전송하는 단계를 더 구비하는 무선통신 방법.

【청구항 11】

송신장치로부터 송신되는 M개의 무선 주파수 신호가 다중경로를 통해 수신될 때,
수신된 신호로부터 되먹임 정보를 추출하고, 상기 되먹임 정보를 상기 경로를 통해 상기
송신장치로 전송하는 무선통신 방법에 있어서,

- (a) 상기 수신된 신호로부터 상기 다중경로로 이루어진 채널을 추정하는 단계;
- (b) M차원을 표현할 수 있는 기저벡터를 결정하는 단계;
- (c) 구해진 기저벡터중 S개를 선택하는 단계;
- (d) 각 기저벡터에 대해 N개의 양자화 계수중 하나씩 선택하는 단계;
- (e) 선택된 기저벡터 및 선택된 양자화 계수로부터 되먹임 정보 W_i 를 구하는 단계

; 및

(f) 상기 W_i 및 추정된 채널 H로부터 생성되는 소정 비용함수가 최대이면, 상기 W_i
를 상기 송신장치로 전송하는 단계를 포함하는 무선 통신 방법.

【청구항 12】

제11항에 있어서, 상기 비용함수 P_i 는 다음 식

$$P_i = W_i^H H^H H W_i$$

여기서, H는 Hermitian 연산자

로 표현되는 무선 통신 방법.

【청구항 13】

제11항에 있어서,

상기 W_i 및 추정된 채널 H 로부터 생성되는 소정 비용함수가 최대가 아니면, 상기 기저벡터중 다른 S 개의 기저벡터를 선택하여 총 MCS 의 경우에 대해, 선택된 각 기저벡터에 대해 다른 양자화 계수를 각각 선택하여 총 NS 의 경우에 대해 상기 (e)단계 및 상기 (f)단계를 반복하는 무선통신 방법.

【청구항 14】

제11항에 있어서,

상기 송신장치에서 선택가능한 근사된 차원의 기저벡터와 양자화 계수 그리고 이들을 각각 가리키는 인덱스들을 저장하는 단계;

수신된 인덱스들에 각각 대응하는 기저벡터와 양자화 계수를 추출하는 단계;

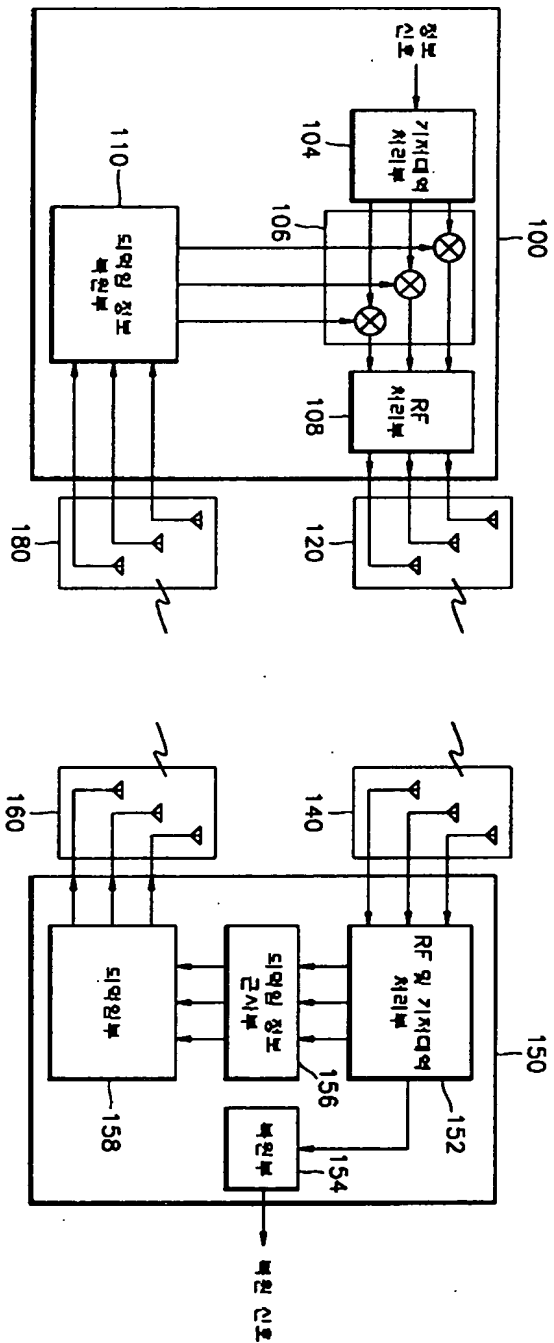
추출된 기저벡터와 양자화 계수로부터 되먹임 정보를 복원하는 단계;

복원된 되먹임 정보를 전송하고자하는 정보신호에 가중하는 단계; 및

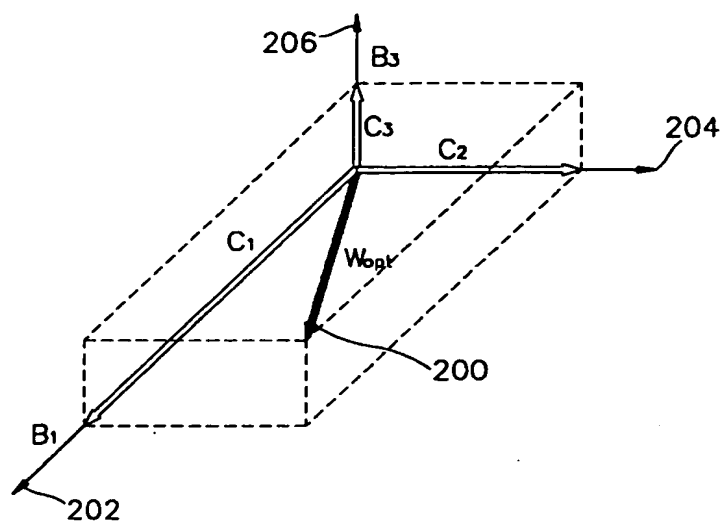
가중된 정보신호를 전송하는 단계를 더 구비하는 무선통신 방법.

【도면】

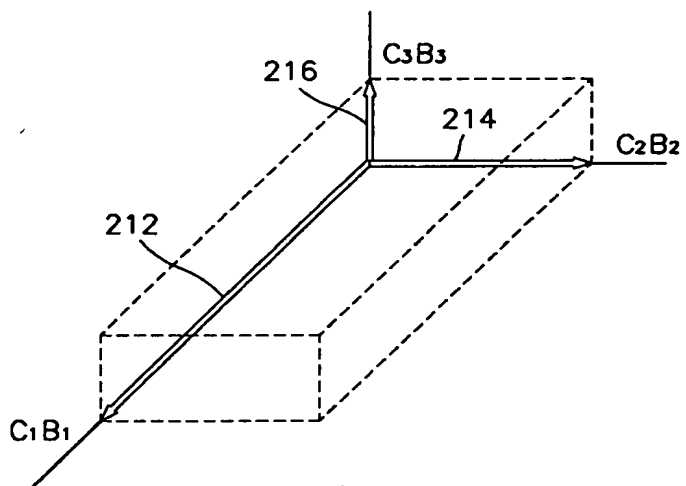
【도 1】



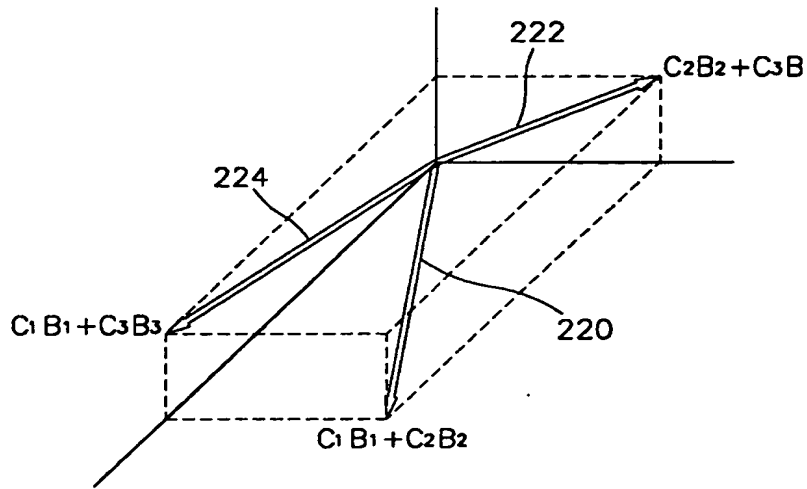
【도 2a】



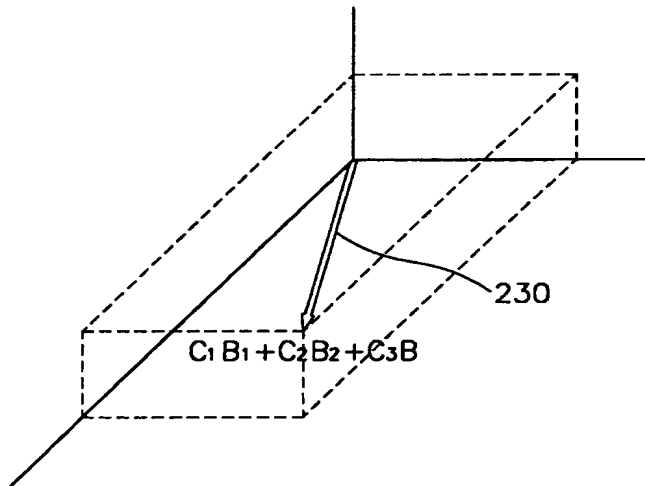
【도 2b】



【도 2c】



【도 2d】



【도 3】

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(a)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

(b)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(c)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

(d)

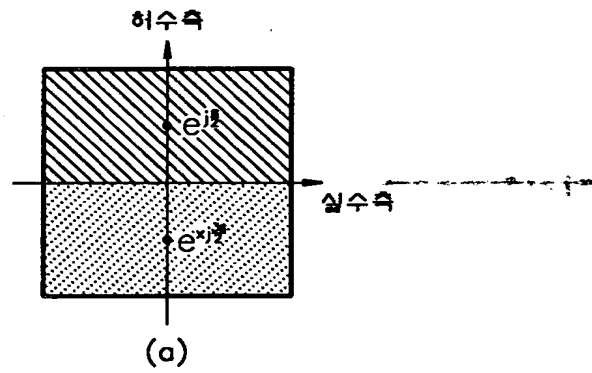
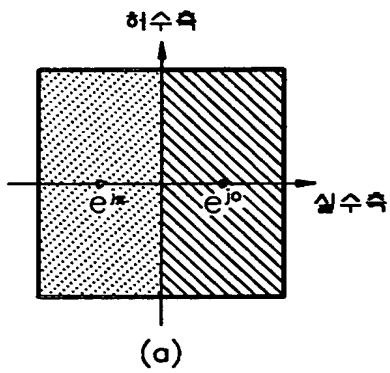
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(e)

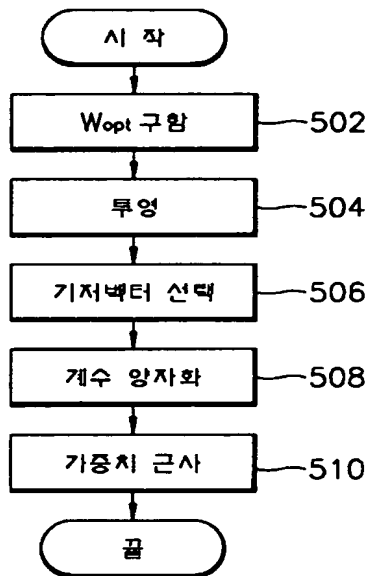
$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

(f)

【도 4】



【도 5a】



【도 5b】

